



## **EFP-07 projektet: Lavenergihuse i DS 418 Beregning af bygningers varmetab** Faglig slutrapport

**Jensen, Lars-Ravn; Olsen, Lars; Rose, Jørgen; Tommerup, Henrik M.; Mazin, Marina**

*Publication date:*  
2010

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Jensen, L.-R., Olsen, L., Rose, J., Tommerup, H. M., & Mazin, M. (2010). *EFP-07 projektet: Lavenergihuse i DS 418 Beregning af bygningers varmetab: Faglig slutrapport*. Dansk Standard. ENS journal No. 33033-0277

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## 1. Indledning

Med finansiell støtte fra EFP 2007 på i alt 1.089.000 kr. og et samlet budget på 2.006.000 kr. har Fonden Dansk Standard (projektleder), BYG-DTU, Teknologisk Institut, SBI og Build-Desk A/S suppleret af Dansk Standards faglige udvalg DS/S-181 Termisk isolering gennemført projektet "Lavenergihuse i DS 418 Beregning af bygningers varmetab".

## 2. Projektets formål

Udvikling af lavenergibygninger indgår som et af regeringens fire prioriterede indsatsområder i udspillet til en visionær energipolitik frem mod 2025 (januar 2007). Dette kommer også til udtryk i de planlagte skærper af energibestemmelserne i bygningsreglementet i 2010 (og 2015).

Det er derfor projektets formål er at styrke byggebranchens udvikling af højisolerede bygningskonstruktioner med minimale kuldebroer samt at tilvejebringe et grundlag for opdatering af Dansk Standard s *DS 418 Beregning af bygningers varmetab* (DS 418). Derigennem bidrager projektet til at opfylde regeringens målsætning om energibesparelser i byggeriet.

Ved projektering af konstruktioner i bygningers klimaskærme med bedre isolerende egenskaber kan vejen banes for indførelse af lavenergihuse på en økonomisk optimal måde. Det er dog vigtigt at udformningen af konstruktioner med større isoleringstykkelser sker med fokus på samlingsdetaljer, så kuldebroeffekter minimeres.

I DS 418 kan man for en del typiske samlingsdetaljer i klimaskærmskonstruktioner slå deres linjetab op og dermed tage hensyn til deres kuldebrovirkning. Men beregningsmetoder, tabelværdier og eksempler i DS 418 stammer fra 2002 og er derfor ofte ikke korrekte eller relevante i forhold til projektering af de lavenergihuse, som allerede projekteres i et vist omfang og som forventes indført som generelt krav i 2010. Ved indførelse af egnede lavenergi-hus konstruktioner i DS 418, vil det være nemmere for byggebranchen at implementere lavenergiløsninger i byggeriet. Der vil ligeledes være behov for vejledning i brug af detaljerede beregningsprogrammer til udregning af linietafsværdier for samlingsdetaljer og konstruktioner, der ikke er dækket af tabelværdier i DS 418, samt en metode til en mere nøjagtig bestemmelse af bygningens effektive varmekapacitet.

En række europæiske standarder, som DS 418 bygger på, er blevet revideret indenfor de sidste 3-4 år. Et af projektets formål er derfor at sikre, at DS 418 ikke indeholder regler, metoder m.v., der er i modstrid med de europæiske standarder.

## 3. De opnåede resultater

Igennem hele projektet har der været fokus på at udarbejde simple metoder, regler og vejledninger for konstruktioner og detaljer, der er almindeligt forekommende i dansk byggeri, ikke mindst når lavenergi-byggeri får en stadig større udbredelse

Projektets umiddelbare og synlige resultater er et slutdokument fra hver af de 8 projektgrupper, der har været nedsat. De 8 grupper dækker hver ét af de hovedemner, der er nævnt under punkt 4.

Dokumenternes faglige indhold vil (efter publicering) bidrage til at gøre det nemmere for bygge-branchen at implementere lavenergiløsninger i byggeriet fremover.

Energikravene i Bygningsreglementet skærpes, og projektets resultater (i form af den nye DS 418) forventes at give betydelige input hertil.

Slutdokumenterne danner desuden grundlag for en revision af DS 418 (en proces, der er i gang med finansiel støtte fra Erhvervs- og Byggestyrelsen), og vil bidrage til en fremtidssikring af DS 418. Derigennem vil projektet give energimæssige besparelser og mere brugervenlige og nøjagtige beregninger af varmetab og energibehov for bygninger. Det muliggør en hurtigere og mere effektiv indførelse af lavenergibyggeri.

Overslagsmæssigt vil projektet kunne bidrage med en energibesparelse i nybyggeriet på ca. 0,33 PJ/år (baseret på ca. 4 million m<sup>2</sup> nybyggeri årligt fordelt på boliger, bygninger til administration, handel og liberale erhverv og med et standard energiforbrug på 90-95 kWh/m<sup>2</sup>/år).

Inkludering af bygningers varmekapacitet i beregninger af bygningers energibehov har været et længe næret ønske. Projektet har sat fokus på emnet, og der er udarbejdet en simpel metode til opgørelse af bygningers varmekapacitet til brug i forbindelse med beregning af bygningers energibehov. Metoden er baseret på den europæiske standard DS/EN ISO 13786 Bygningskomponenters termiske ydeevne - Dynamisk-termiske egenskaber – Beregningsmetoder.

Projektet vil have stor international relevans, og resultaterne vil indgå i det europæiske arbejde med at vedligeholde det sæt af Energy Performance standarder (EPBD), der er blevet udarbejdet.

#### **4. Hvordan kan resultaterne udnyttes?**

Resultaterne vil gennem den reviderede DS 418 blive direkte udnyttet af de berørte brancheorganisationer og producenter, der specificerer data for konstruktioner. De rådgivende, der anvender beregningsmetoderne, vil blive støttet med bedre og mere brugervenlige beregningsmetoder.

Målgruppen er stor, og bl.a. gennem Dansk Standards salg af DS 418 og Byggecentrums 2-3 årlige kurser, når resultaterne ud til en bred kreds af brugere i byggebranchen.

Desuden vil der blive udgivet en "DS Information" med resultaterne af arbejdet omkring bygningers varmekapacitet, samt én omkring hvordan kuldebroer beregnes med detaljerede beregningsprogrammer.

#### **5. Projektets omfang og emner**

Erfaringerne med den nuværende DS 418, 6. udgave, kombineret med udvikling i retning af mere lavenergi i dansk byggeri, har ført til, at deltagende parter har udvalgt følgende 8 hovedemner som fokusemner i projektet:

1. Indførelse af regler og tabelværdier for en mere nøjagtig bestemmelse af kuldebroer ved hjørner, specielt ved tag-mursamlingen. Den nuværende forenkledte metode tilgodeser fx ikke brug af store isoleringstykker i ydermure og på loftet.

2. Indførelse af regler og tabelværdier for beregning af fundamenters linjetab ved døre og vinduer til gulv. Beregningsmetoderne skal udvikles til at tage separat hensyn til linjetabet i samlingen mellem fundamentet vinduer/døre. Tabelværdier for typiske konstruktioner og højisolerede konstruktioner skal udarbejdes.
3. Linjetab for diverse typiske konstruktioner, som ikke er behandlet i DS 418 skal beregnes og vises i tabeller. Dette skal kun være i et begrænset omfang da linjetab for specielle løsninger skal dokumenteres specifikt – jævnfør pkt. 7
4. Opdatering af regler og beregninger i DS 418 svarende til nye versioner af de grundlæggende CEN-standarder.
5. Eksemplet i DS 418 er i den nuværende udgave et lille simpelt et-plans parcelhus. Der er derfor behov for at supplere dette med eksempler på konstruktioner, der benyttes i større bygninger af forskellig type. Desuden skal eksemplerne udføres med isoleringsniveauer, der er relevante i forhold til opfyldelsen af lavenergiklasse 2.
6. Program for en standardiseret dokumentation af opstilling af varmetabskoefficienter for bygningskonstruktioner, sammensatte bygningsdele og hele bygninger. Med henblik på at kunne dokumentere anvendelsen af regler og tabelværdier i DS 418 skal der udarbejdes et simpelt program til dokumentation af varmetabskoefficienter på forskellige niveauer for konkrete byggesager.
7. Detaljeret vejledning i brug af detaljerede beregningsprogrammer til udregning af linjetabsværdier for konstruktioner, der ikke er dækket af tabelværdier i DS 418. For at fremtidssikre og styrke udviklingen af konstruktioner med minimale kuldebrovirkning udvikles der brugervenlige vejledninger i hvordan man selv kan udregne og kvalitets-sikre linjetabsværdier for andre samlinger, man ønsker at benytte i konkrete projekteringsopgaver. Vejledningerne skal også indeholde eksempler som man kan bruge som kontrol på at beregningsmetoderne og beregningsprogrammerne anvendes korrekt. Vejledningen skal ikke indgå i DS 418, men i informationsmateriale, der godkendes af faglige udvalg i DS og udgives herfra.
8. DS 418 suppleres med metode til opgørelse af den samlede effektive (aktive) varmekapacitet i bygninger med henblik på brug af disse i beregningen af bygningens energimæssige egenskaber i BE06-programmet eller tilsvarende programmer. Dette er et nyt behov, der er opstået med indførelsen af de europæiske Energy performance standarder (EPBD) i det danske bygningsreglement i 2006.

## **6. Arbejdet med de 8 emner og resultaterne**

### **Emne 1:**

*Indførelse af regler og tabelværdier for en mere nøjagtig bestemmelse af kuldebroer ved hjørner, specielt ved tag-mursamlingen. Den nuværende forenklede metode tilgodeser fx ikke brug af store isoleringstykker i ydermure og på loftet.*

### **Emnet er behandlet i projektgruppe 1:**

*Lars Olsen, Teknologisk Institut ("tovholder")*

*Gorm Rasmussen, H+H Danmark A/S*

*Charlotte Højmark, Saint Gobain Isover a/s*

*Claus Rudbeck Rockwool A/S*

*Rikke Petrea Bandholm, TRI-CONSULT A/S*

Arbejdet har omfattet lodrette væg-væg samlinger og vandrette væg-tag samlinger. I sådanne hjørnesamlinger er der en kuldebro, da konstruktionerne danner en vinkel med hinanden. Kuldebroen giver enten et negativt linjetab (fradrag i varmetabet), eller et positivt linjetab (tillæg til varmetabet), afhængigt af, om der er tale om et udadgående hjørner eller indadgående hjørner.

For forskellige konstruktionsdetaljer (både vandrette og lodrette og med udadgående og indadgående hjørner) der er illustreret med skitser, er der beregnet linjetab, der er opstillet i tabeller og diagrammer. Resultaterne gør det let at finde frem til linjetabet for en given konstruktion, og i forhold til DS 418, 6. udgave opnås mere detaljerede og mere korrekte linjetab.

### **Emne 2:**

*Indførelse af regler og tabelværdier for beregning af fundamenters linjetab ved døre og vinduer til gulv. Beregningsmetoderne skal udvikles til at tage separat hensyn til linjetabet i samlingen mellem fundamentet vinduer/døre. Tabelværdier for typiske konstruktioner og højisolerede konstruktioner skal udarbejdes*

#### **Emnet er behandlet i projektgruppe 2:**

*Jørgen Rose, SBI ("tovholder")*

*Søren Hedegaard, Maxit/Leca*

*Søren Aggerholm, SBI*

Ved bestemmelse af linjetabet (den lineære transmissionskoefficient) for fundamenter under døre og vinduespartier ved terrændæk tages der både hensyn til varmestrømmen i selve fundamentet, de todimensionale varmestrømme i terrændækket op til fundamentet samt de dynamiske todimensionale varmestrømme i jorden omkring fundamentet.

Der er udviklet en model for beregning af linjetabet, og da der indgår todimensionale varmestrømme, er der anvendt et EDB program. Med modellen er der gennemregnet et antal eksempler på forskellige udformninger af konstruktionsdetaljen. Disse resultater vil indgå i DS 418, 7. udgave.

### **Emne 3:**

*Linjetab for diverse typiske konstruktioner, som ikke er behandlet i DS 418, skal beregnes og vises i tabeller. Dette skal kun være i et begrænset omfang da linjetab for specielle løsninger skal dokumenteres specifikt – jævnfør pkt. 7*

#### **Emnet er behandlet i projektgruppe 3:**

*Henrik Tommerup, BYG-DTU ("tovholder")*

*Charlotte Højmark, Isover*

*Søren Hedegaard, Maxit/Leca*

*Claus Rudbeck, Rockwool A/S*

*Svend Svendsen, BYG-DTU*

### 1. Linietaf for samlinger omkring vinduer og døre med dækplade

I lavenergihuse er der behov for samlinger omkring vinduer og døre, der tillader at isoleringen i væggen føres ud i falsen i sin fulde tykkelse. DS 418 skal derfor inkludere tabelværdier for linietafet for samlinger med dækpladeløsning.

Der er foretaget beregninger af linietafet for samlinger omkring vinduer og døre i hule ydervægge med kuldebroisolering svarende til isoleringstykkelsen i ydervæggen, og resultatet er nye og forbedrede tabelværdier, der skal indgå i DS 418.

### 2. Linietaf for en rudes kantkonstruktion

På europæisk plan er der indført linietafsværdier og retningslinjer for vinduesløsninger med "varme kanter" og med 3-lags energiruder. Emnerne inddrages i højere grad i DS 418 bl.a. fordi små vinduesproducenter kan have glæde af nye konkrete linietafsværdier for en rudes afstandsprofil. afstandsprofil.

### 3. Linietaf for samling mellem fundament og vinduer/døre

En ny metode til beregning af linietaf for fundamenter under vinduespartier/døre, har gjort det relevant også at analysere kuldebroeffekten af samlinger mellem fundament og vinduer/døre. Resultaterne indarbejdes i et nyt annekse i DS 418

### 4. Effekt af kuldebroer for typiske dør-/vinduesbundstykker

Projektet har vist, at der er et behov for at synliggøre effekten af kuldebroer i typiske dør-/vinduesbundstykker bl.a. for at stimulere brugen af varmeteknisk bedre og dokumenterede løsninger. Det foreslås, at emnet specificeres i DS 418.

### **Emne 4:**

*Opdatering af regler og beregninger i DS 418 svarende til nye versioner af de grundlæggende CEN-standarder.*

### **Emnet er behandlet i projektgruppe 4:**

*Lars Ravn-Jensen, Dansk Standard ("tovholder")*

*Søren Aggerholm, SBI*

Centralt i udarbejdelsen af DS 418 står en række europæiske standarder herunder EPBD standarderne (**E**nergy **P**erformance **B**uilding **D**irectory). Mange er reviderede indenfor de sidste 3-4 år, og der er derfor behov for en grundig gennemgang af DS 418 for at sikre, at den ikke er i modstrid med de europæiske standarder.

Gennemgangen har resulteret i et dokument hvori der peges på, hvor der er behov for at ændre DS 418.

Efterfølgende er der udarbejdet forslag til nye tekster til kapitlerne 0 og 1 samt 6.8 Vinduer og yderdøre. Det sidste samordnes med resultaterne i projektgruppe 3.

Kapitel 0 indeholder de normative referencer i DS 418, og disse er først er kommet helt på plads i takt med at arbejdet i de andre projektgrupper er afsluttet.

### **Emne 5:**

*Eksemplet i DS 418 er i den nuværende udgave et lille simpelt et-plans parcelhus. Der er derfor behov for at supplere dette med eksempler på konstruktioner, der benyttes i større bygninger af forskellig type. Desuden skal eksemplerne udføres med isoleringsniveauer, der er relevante i forhold til opfyldelsen af lavenergiklasse 2.*

### **Emnet er behandlet i projektgruppe 5:**

*Marina Mazin, Rockwool A/S ("tovholder")*

*Jesper Ketelsen, maxit/Leca*

*Charlotte Højmark, Isover*

*Karsten Duer, Velux A/S*

*Claus Rudbeck, Rockwool A/S*

Arbejdet har været meget konkret, idet opgaven er gået ud på at udarbejde et nyt, opdateret og mere pædagogisk eksempel (anneks M i DS 418).

Indledningsvis har gruppen udformet det hus, som skulle anvendes i eksemplet. Det har her været vigtigt at få almindelige såvel som mere specielle konstruktioner med. Eksempelvis kan nævnes ovenlys, indadgående hjørner, store glaspartier m.v. men alt sammen med fokus på højisolering og lavenergi, der bliver alfa og omega i "morgendagens" huse.

For de enkelte bygningsdele og hele huset er arealer, længder, U-værdier, linjetab, transmissionstab m.v. derefter beregnet og opstillet i tabeller.

Der har været en løbende kontakt mellem projektgruppe 5 og projektets arbejdsgruppe for at sikre, at arbejdet i de øvrige projektgrupper blev indarbejdet i eksemplet.

### **Emne 6:**

*Program for en standardiseret dokumentation af opstilling af varmetabskoefficienter for bygningskonstruktioner, sammensatte bygningsdele og hele bygninger. Med henblik på at kunne dokumentere anvendelsen af regler og tabelværdier i DS 418 skal der udarbejdes et simpelt program til dokumentation af varmetabskoefficienter på forskellige niveauer for konkrete byggesager.*

### **Emnet er behandlet i projektgruppe 6:**

*Marina Mazin, Rockwool A/S ("tovholder")*

*Charlotte Højmark, Isover*

*Jesper Ketelsen, maxit/Leca*

*Claus Jørgensen, Sundolitt*

I Bygningsreglementets kapitel 1.3 stk. 2 stilles der krav om "...supplerende ansøgningsmateriale..." der skal følge med ansøgning om byggetilladelse for at dokumentere at et byggeri lever op til kravene i reglementet.

Med mere komplicerede og omfattende beregninger af U-værdier, linjetab m.v. er der i byggebranchen et stigende behov for at kunne dokumentere anvendelsen af regler og tabelværdier i DS 418.

Projektet har derfor udarbejdet en beskrivelse af krav til dokumentation af beregninger af U-værdier og linietab for bygningsdele og samlinger. Det er tanken, at en sådan dokumentation kan/skal vedlægges i forbindelse med ansøgningen om byggetilladelse.

### **Emne 7:**

*Detaljeret vejledning i brug af detaljerede beregningsprogrammer til udregning af linjetabsværdier for konstruktioner, der ikke er dækket af tabelværdier i DS 418. For at fremtids-sikre og styrke udviklingen af konstruktioner med minimale kuldebrovirkning udvikles brugervenlige vejledninger der beskriver udregning og kvalitetssikring af linjetabsværdier for andre samlinger, man ønsker at benytte i konkrete projekteringsopgaver. Vejledningerne skal også indeholde eksempler som man kan bruge som kontrol på at beregningsmetoderne og beregningsprogrammerne anvendes korrekt. Vejledningen skal ikke indgå i DS 418, men i informationsmateriale, der godkendes af faglige udvalg i DS og udgives herfra.*

### **Emnet er behandlet i projektgruppe 7:**

*Jørgen Rose, SBI ("tovholder")*

*Søren Aggerholm, SBI*

*Claus Rudbeck, Rockwool A/S*

*Karsten Duer, Velux A/S*

Arbejdsgruppen har udarbejdet et omfattende notat, der beskriver hvordan kuldebroer beregnes med detaljerede beregningsprogrammer. Beskrivelsen indeholder en kort grundlæggende beskrivelse af modellerings-processen og efterfølges af 5 forskellige beregningseksempler som illustrerer, hvordan beregningerne foretages på konkrete problemstillinger.

Det er tanken, at notatet skal udgives af Dansk Standard som en DS/INF publikation. Væsentlige dele af DS/INF'en tænkes indarbejdet i DS 418.

### **Grundlæggende modelleringsteknik**

Heri beskrives hvordan kuldebroer grundlæggende modelleres og beregnes vha. detaljerede beregningsprogrammer. Modelopbygningen deles i 3 vigtige delelementer; 1) Geometri; 2) Materialer; og 3) Randbetingelser. Afhængigt af den ønskede nøjagtighed kan der blive tale om at underopdele beregningsnettet.

Beregningsprogrammer har generelt begrænsede muligheder i forhold til modellering, og ofte vil der derfor være behov for at forenkle en problemstilling (f.eks. med hensyn til geometri, materialer og Randbetingelser). Forenkling kan også gøre modellerings- og beregningsarbejdet lettere.

Generelt medfører forenklinger, at resultatet bliver på den sikre side, dvs. at der opnås en forøget varmestrøm gennem en konstruktion og/eller en lavere overfladetemperatur.

### **Eksempler**

Notatet indeholder følgende 5 eksempler, der alle er vurderet at have general relevans i byggebranchen:



1. Samling mellem ydervæg og vindue.
2. Rulleskifte
3. Ydervæg med slidsede tyndpladeprofiler.
4. Samling mellem ydervæg og loftskonstruktion.
5. Midterisoleret fundament med/uden strimmel isolering i liggefuge.

### **Emne 8:**

*DS 418 suppleres med metode til opgørelse af den samlede effektive (aktive) varmekapacitet i bygninger med henblik på brug af disse i beregningen af bygningens energimæssige egenskaber i BE06-programmet eller tilsvarende programmer. Dette er et nyt behov, der er opstået med indførelsen af de europæiske Energy performance standarder (EPBD) i det danske bygningsreglement i 2006.*

### **Emnet er behandlet i projektgruppe 8:**

*Lars Olsen, Teknologisk Institut ("tovholder")*

*Tommy Bisgaard, Kalk og Teglværksforeningen*

*Poul Erik Hjorth, Betonelementforeningen*

*Peter Glob Frandsen, Unicon A/S*

I Bygningsreglementet (BR08) er der krav om, at der for nybyggeri sker en beregning af energibehovet - både til opvarmning og køling. Det beregnes efter en metode, der er beskrevet i SBI-anvisning 213, *Bygningers energibehov*. Et af de programmer, der anvender denne metode, er programmet Be06. Heri indgår bygningens varmekapacitet som en af inddataparametrene.

I dette notat, der skal udgives som en Dansk Standard publikation (DS/INF) er det formålet at opstille dokumenterede inddata til Be06 baseret på de europæiske energistandarder.

Notatet beskriver:

### **Beregningsmetode:**

- Metode til at beregne den effektive varmekapacitet for overflader.
- Bestemmelse af overfladearealer
- Hensyntagen til gulvvarme
- Metode til at sammensætte varmekapaciteten af konstruktionerne til varmekapaciteten for en bygning.

### **Eksempler på typiske danske traditionelle bygningstyper og konstruktioner.**

- Typiske eksempler på geometrisk udformning (dvs. overfladearealer).
- Sammensætning af forskellige typer konstruktioner.
- Typiske eksempler på aktiv varmekapacitet i forskellige typer konstruktioner og bygninger.

### **Anbefaling**

- Anvendelse af tabelværdier til brug ved beregning af energibehov såfremt der ikke er

foretaget mere nøjagtige beregninger.